

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Martin Kotlár

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Elektrické stanice v ES ČR.

Substations in Power System of Czech Republic.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student:

Martin Kotlár

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907R001 Elektroenergetika

Téma:

Elektrické stanice v ES ČR.
Substations in Power System of Czech Republic.

Zásady pro vypracování:

- 1.Charakteristika rozvodných zařízení a el. stanic v ES ČR.
- 2.Elektrické stanice přenosové soustavy.
- 3.Elektrické stanice v distribučních sítích.
- 4.Nové trendy v návrhu el. stanic
- 5.Metodická aplikace návrhu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1.Hradílek, Z.: Elektroenergetika I a II. Skripta VŠB TU 1992 a1993
 - 2.Santarius, P.:Elektrické stanice a vedení. Skripta VŠB TU 1990
 - 3.Pauza, J.:Zkrat v elektrických rozvodech, SNTL 1970
 - 4.Krychtálek Z., Pauza J.: Elektrické stanice SNTL 1989
 - 5.Trojánek,Z., Hájek J.,Kvasnica,P.: Přechodové jevy v el. soustavách, SNTL 1988 Praha
- Normy ČSN, firemní literatura, technická dokumentace

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2015

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7.5.2015



Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Dr. Ing. Jiří Gureckému za vedení mé bakalářské práce a poskytnutí důležitých rad a materiálů, dále taky Ing. Jiřímu Horákovi, MBA za následnou faktickou revizi celé práce.

Abstrakt

Tato práce je zaměřená na zpracování teorie a praktických poznatků týkajících se elektrických stanic a jejich částí. Elektrické stanice mají široký záběr v různých oborech. Tato práce se detailně nezabývá jednotlivými obory, které se různě dotýkají elektrických stanic, ale pojednává o elektrických stanicích jako o funkčním celku a popisuje jejich jednotlivé části. Krom shrnutí dlouholeté teorie byla pozornost věnována i novým směrům a trendům v oboru elektrických stanic. Výsledkem této práce je souhrn a ucelení všech základních teoretických faktů o odvětví elektrických stanic, které budou sloužit k úvodu a dalšímu studiu.

Klíčová slova

Elektrická stanice, rozvodná zařízení, schémata, odbočky, přípojnice, prvky, přenosová soustava, distribuční soustava, zapouzdřená rozvodna.

Abstract

This work is focused on processing the theory and the practical findings about electric stations and their parts. Power stations have a wide range in different fields. This paper does not address in detail the various fields that affect electric stations, but deals with power stations as a functional whole and describes their individual parts. Attention was also paid to the new directions and trends in the field of electrical stations in addition to a summary of the long-standing theory. The result of this work is a review and completion of all the basic theoretical facts about the power stations industry, which will serve as an introduction to further study.

Keywords

Electric stations, distribution equipment, wiring, junctions, bus, elements, transmission system, distribution system, encapsulated substation.

Seznam použitých symbolů a zkratek

A	Jednotka elektrického proudu „Apmér“
ABB	Firma ABB
ČEPS	Česká Přenosová Soustava
ČEZ	České Energetické Závody
ČR	Česká Republika
E.ON	Společnost E.ON zajišťující distribuci energie
ES ČR	Elektrizační Soustava České Republiky
GIS	Gas Insulated Systems
kA	Jednotka elektrického proudu „KiloApmér“
kV	Jednotka elektrického napětí „KiloVolt“
NN	Nízké Napětí
PST	Phase Shift Transformers
PTK	Přístrojový Transformátor Kombinovaný
PTN	Přístrojový Transformátor Napětí
PTP	Přístrojový Transformátor Proudů
SF ₆	Fluorid Sírový
V	Jednotka elektrického napětí „Volt“
VF	Vysokofrekvenční
VN	Vysoké Napětí
VVN	Velmi Vysoké Napětí

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1.1 Příklad zapojení elektrických stanic v elektrizační soustavě [1]	9
Obrázek 2.1 Jednoduchý systém přípojníc.....	12
Obrázek 2.2 Jednoduchý systém přípojníc s pomocnou přípojnicí.....	13
Obrázek 2.3 Dvojitý systém přípojníc	13
Obrázek 2.4 Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnicí.....	14
Obrázek 2.5 Trojitý systém přípojníc.....	15
Obrázek 2.6 Okružní přípojnice	15
Obrázek 2.7 Rozvodná zařízení bez přípojníc	16
Obrázek 2.8 Rozvodná zařízení s větším počtem vypínačů na odbočku	16
Obrázek 2.9 Hlavní odbočky.....	17
Obrázek 2.10 Odbočky pro vedení bez pomocné přípojnice	18
Obrázek 2.11 Odbočka s pomocnou přípojnicí a odbočky výkonových transformátorů	18
Obrázek 2.12 Odbočka pro tzv. vysunutý transformátor.	18
Obrázek 2.13 Doporučená zapojení odboček pro jeden systém přípojníc.	19
Obrázek 2.14 Doporučená zapojení odboček rozveden se dvěma systémy přípojníc.	19
Obrázek 2.15 Doporučená uspořádání odboček.....	20
Obrázek 2.16 Příklad venkovního provedení rozvodného zařízení VVN [9]	20
Obrázek 2.17 příklad halového provedení rozvodného zařízení VVN [10].....	21
Obrázek 2.18 Příklad zapouzdřeného provedení rozvodného zařízení VVN. [11]	21
Obrázek 2.19 Příklad kobkového provedení VVN [12].....	21
Obrázek 2.20 Příklad skříňového provedení rozvodného zařízení VVN. [13]	22
Obrázek 2.21 Příklad kobkového rozvodného zařízení NN[14]	22
Obrázek 2.22 Příklad rozvaděčového rozvodného zařízení NN [15].....	22
Obrázek 2.23 Příklad klasické nosné konstrukce VVN [1].....	24
Obrázek 2.24 Příklad kýlové nosné konstrukce VVN [1].....	24
Obrázek 2.25 Příklad vícepatrových kobkových rozveden. [1].....	25
Obrázek 2.26 Vyobrazení obecného zapojení silových prvků v elektrické stanici [4]	28
Obrázek 2.27 Lanové přípojnice [16]	29
Obrázek 2.28 Trubkové přípojnice [17].....	29
Obrázek 2.29 Vypínače SF6 [18].....	30
Obrázek 2.30 Odpojovače s dvěma otočnými kontakty [19]	31
Obrázek 2.31 Odpojovače pantografové [20]	31
Obrázek 2.32 Přístrojové transformátory [21]	32
Obrázek 2.33 Svodiče přepětí [22].....	32
Obrázek 2.34 Kompenzační tlumivky [23].....	33
Obrázek 3.1 Schéma přenosové soustavy České republiky [6]	34
Obrázek 3.2 Schéma rozvodny Albrechtice 400 kV [4]	35
Obrázek 4.1 Schéma sítě ČEZ Distribuce v ČR [24].....	36
Obrázek 4.2 E.ON Distribuce Západ [26] a E.ON Distribuce Východ [25]	36
Obrázek 4.3 Elektrická distribuční trafostanice (DTS), stanice distribuční soustavy [27]	37
Obrázek 4.4 Rozvaděč UniGear MCC Digital firmy ABB [7]	37
Obrázek 5.1 Gas Insulated Systems rozvodna [28].....	39

Seznam použitých tabulek

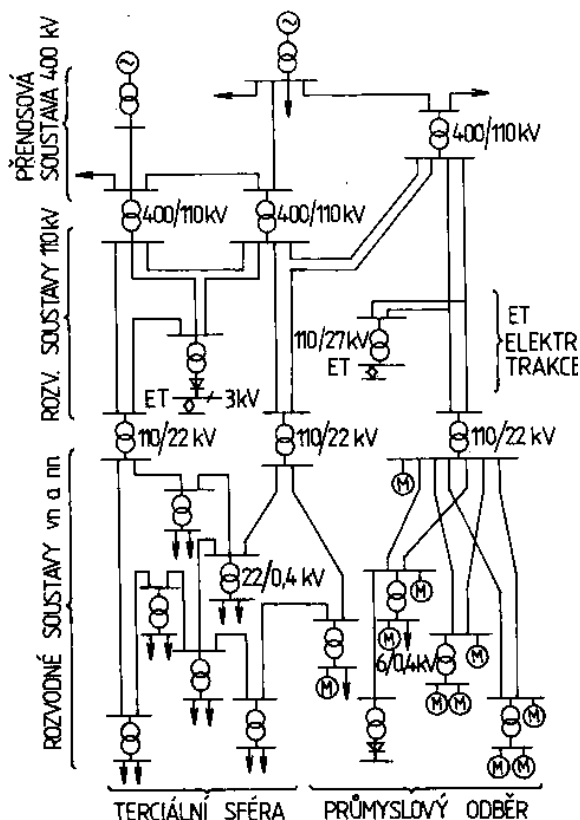
Tabulka 1 Jmenovité hodnoty zkratových odolností rozvodných zařízení ČSN 38 1738. [8]	26
Tabulka 2 Nejmenší vzdušné vzdálenosti živých částí [8]	26
Tabulka 3 Elektrické požadavky na přípojnice [4]	28
Tabulka 4 Požadavky na odpojovače [4]	31
Tabulka 5 Zařízení přenosové soustavy České Republiky [6]	35

Obsah

1. ÚVOD.....	9
2. CHARAKTERISTIKA ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ A ELEKTRICKÝCH STANIC V ES ČR.....	10
2.1 ROZDĚLENÍ ELEKTRICKÝCH STANIC A JEJICH HLAVNÍCH ČÁSTÍ	10
2.1.1 <i>Hlavní části elektrických stanic</i>	10
2.2 SCHÉMATA ELEKTRICKÝCH STANIC	11
2.3 SCHÉMATA ODBOČEK (VVN, PRO NAPĚTÍ NAD 52 kV)	17
2.4 ODBOČKY VN (PRO NAPĚTÍ DO 52 kV)	19
2.5 ODBOČKY NN	19
2.6 ČLENĚNÍ A USPOŘÁDÁNÍ ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ A ELEKTRICKÝCH STANIC	20
2.7 ROZVODNÁ ZAŘÍZENÍ.....	23
2.7.1 <i>Rozvodná zařízení VVN</i>	23
2.7.2 <i>Rozvodná zařízení VN</i>	25
2.7.3 <i>Rozvodná zařízení NN</i>	25
2.8 STŘÍDAVÉ ELEKTRICKÉ ROZVODNÉ ZAŘÍZENÍ ELEKTRICKÉ STANICE	25
2.8.1 <i>Základní parametry</i>	26
2.8.2 <i>Transformátory elektrických stanic</i>	27
2.9 PRVKY UŽITÉ V ELEKTRICKÝCH STANICÍCH	28
2.9.1 <i>Přípojnice a odbočky</i>	28
2.9.2 <i>Vypínače</i>	29
2.9.3 <i>Odpojovače a zemniče</i>	30
2.9.4 <i>Přístrojové transformátory</i>	31
2.9.5 <i>Svodiče přepětí</i>	32
2.9.6 <i>Kompenzační tlumivky</i>	33
2.9.7 <i>Synchronní kompenzátory</i>	33
3. ELEKTRICKÉ STANICE PŘENOSOVÉ SOUSTAVY	34
4. ELEKTRICKÉ STANICE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY	36
5. NOVÉ PRVKY UŽITÉ V PRŮMYSLÝCH A ROZVODNÝCH SÍTÍCH	38
5.1 POŽADAVKY NA VN ROZVODNY	38
5.2 NOVÉ SMĚRY V KONSTRUKCI ROZVODNÝCH ZAŘÍZENÍ.....	38
5.3 ROZVADĚČE NN A JEJICH UKAZATELE PRO HODNOCENÍ MODERNOSTI.....	38
5.4 ZAPOUZDŘENÉ ROZVODNY	38
5.5 GAS INSULATED SYSTEMS (GIS).....	39
5.6 NOVÉ SMĚRY V KONSTRUKCI ELEKTRICKÝCH STANIC V PRAXI	40
6. METODICKÁ APLIKACE NÁVRHU.....	41
7. ZÁVĚR.....	42
8. LITERATURA.....	43
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	45

1. Úvod

Elektrické stanice jsou ucelené zařízení uzlů **elektrizační soustavy**, které slouží k transformaci elektrické energie na jinou napětovou hladinu a k jejímu dalšímu rozvádění (transformovny), dále rozvádí elektrickou energii na téže napětové úrovni (spínací stanice) a přeměňují střídavé elektrické napětí na jinou frekvenci nebo usměrňují na stejnosměrné elektrické napětí (měničny). [1]



Obrázek 1.1 Příklad zapojení elektrických stanic v elektrizační soustavě [1]

Na obrázku 1.1 je vyobrazen příklad elektrizační soustavy, který se obvyklé skládá ze soustav přenosových a soustav rozvodných (distribučních). Pomocí přenosových soustav realizujeme přenos velkých výkonů mezi hlavními uzly elektrizační soustavy. Úkolem rozvodných soustav je rozdělit elektrickou energii z napájecích uzlů do jednotlivých skupin nebo oblastí spotřebičů. [1]

Uzly, které obsahuje přenosová i distribuční soustava, jsou tvořeny výše zmíněnými elektrickými stanicemi, kde jsme si již popsali jejich hlavní úkol své existence. Bez elektrických stanic se elektrizační přenosové soustavy neobejdou. [1]

2. Charakteristika rozvodných zařízení a elektrických stanic v ES ČR

2.1 Rozdělení elektrických stanic a jejich hlavních částí

U rozdělování elektrických stanic a jejich hlavních částí záleží na tom, na jaké aspekty se zaměříme, proto si níže pár druhů členění uvedeme. [1]

a) podle účelu

- Transformovny, které slouží k transformaci elektrické energie na potřebné napětí a k jejímu rozvodu.
- Spínací stanice, které slouží k rozvodu elektrické energie téhož napětí.
- Měničny, které slouží k přeměně střídavé napěťové soustavy na jinou jiného kmitočtu nebo zcela usměrněnou.
- Kompenzátorovny, které slouží ke kompenzaci elektrického rozvodu, zejména ke kompenzaci jalového výkonu.
- Trakční stanice, které slouží k napájení elektrických drah, kde se využívá přivedené elektrické energie převážně k přeměně na tažnou sílu v elektromotoru lokomotiv a jednotek.

b) Podle způsobu údržby

- S trvalou obsluhou.
- Bez obsluhy s dálkovým ovládáním.

2.1.1 Hlavní části elektrických stanic

a) Elektrická část

- Elektrická zařízení, což jsou zařízení pro rozvádění, jistění, měření, kontrolu a pro řazení elektrických obvodů.
- Transformátory
- Kompenzační zařízení

b) Společná a pomocná část, sloužící k zabezpečení provozu a údržby

c) Stavební část

Elektrické stanice se skládají ze základních částí, jako jsou rozvodná zařízení, která lze dělit podle provedení na: [1]

- vnitřní
- venkovní
- polokryté

Uvedli jsme si některé způsoby členění, existují ještě další jako například podle uspořádání odboček, podle způsobu upevnění výstroje, podle počtů hlavních vypínačů a další.

Nyní si shrneme, jaké máme hlavní vybavení rozvodných zařízení. [1]

- Spínací prvky (hlavní vypínače, odpínače, odpojovače, uzemňovače)
- Ochranné prvky (například pojistky, bleskojistky, relé, tlumivky)
- Spojovací prvky (přípojnice)
- Měřicí prvky (měřicí transformátory proudu a napětí, transduktory, čidla)
- Izolační prvky (izolátory podpěrné a visací, průchodky)

2.2 Schémata elektrických stanic

Při úvaze elektrické stanice se volí vhodné schéma elektrické stanice, které by mělo být co nejjednodušší a co nejpřehlednější. Ve schématu budou znázorněny odbočky a přípojnice. Odbočky jsou jedním ze základních modulů každého rozvodného zařízení, jenž jsou tvořeny souborem připojených přístrojů sloužících zejména ke spínání, měření a ochraně vývodů nebo přívodů elektrické energie. [1]

Odbočky, jež se nalézají v elektrických stanicích, můžeme rozdělit na: [1]

a) hlavní

- transformátorové
- generátorové (alternátorové)
- vývodové
 - venkovní
 - kabelové

b) pomocné

- spínače hlavních přípojníc
- spínače pomocných přípojníc
- pro bleskojistky
- pro měření napětí

Odbočky dále ještě mohou být **provozní** a **záložní** tzv. rezervy. Propojení odboček tedy zprostředkují přípojnice, jsou to holé vodiče, jejichž průřez je dán proudovým zatížením, požadavky na pevnost a odolnost vůči prostředí a zkratovými poměry. Systému přípojníc máme hned několik a můžeme je určit podle druhu použitého schématu. Podle počtu a druhu přípojníc se pak provozují rozvodné zařízení: [1]

a) s přímými přípojnícemi

- jednoduchými
- jednoduchými a pomocnými
- dvojitými
- dvojitými s jednou ve funkci přípojnice
- dvojitými a pomocnými
- trojitými
- trojitými a pomocnými

b) okružními přípojnici

- bez záložního spínače
- se záložním spínačem

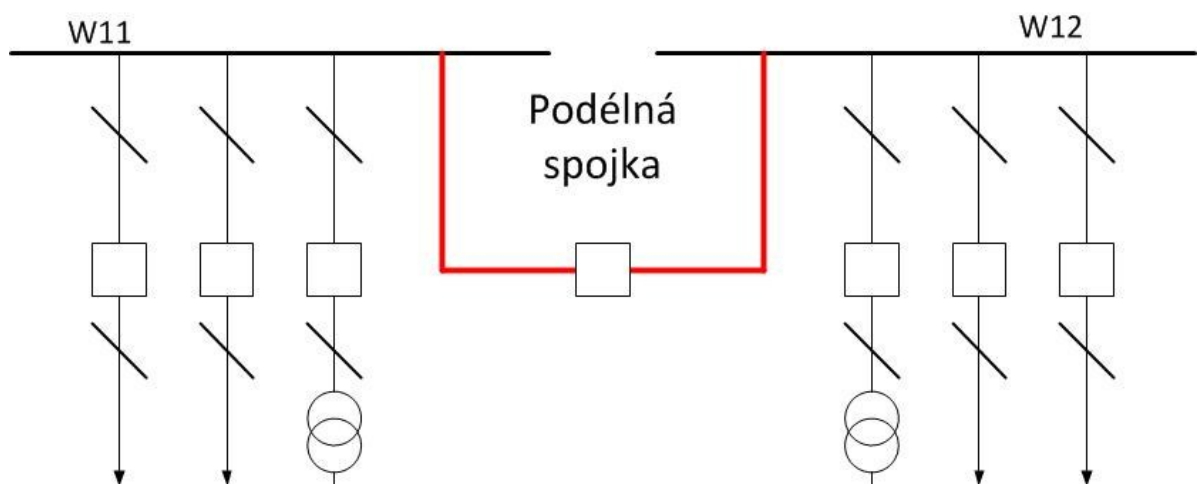
c) bez přípojníc

Dále lze schémata elektrických stanic rozdělit podle systému přípojníc, kde se ve schématech hlavní systémy přípojníc označují **W1, W2, W3**. V případě podélném pak **W11 a W12, W21 a W22, W31 a W32**. Pomocné přístroje se označují **W5**, v případě podélném pak **W51 a W52**. [1]

a) Jednoduchý systém přípojníc

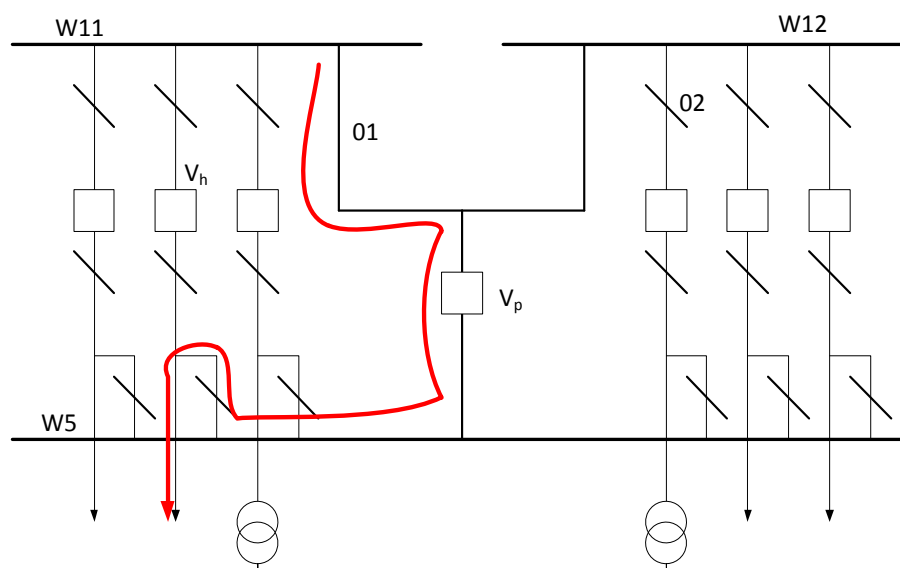
Používá se tam, kde není požadavek nepřerušného zásobování. Výhodný je zejména svou jednoduchostí, přehledností a nízkými pořizovacími a provozními náklady. Vyšší spolehlivost lze u něj docílit podélným dělením přípojníc za propojení obou sekcí podélným spínačem paralelně, kterým při poruše lze spojit obě sekce paralelně a napájet ze zbývajících zdroje napětí. [1]

Používá se v NN a v méně důležitých VN rozvodných zařízení. [1]



Obrázek 2.1 Jednoduchý systém přípojníc

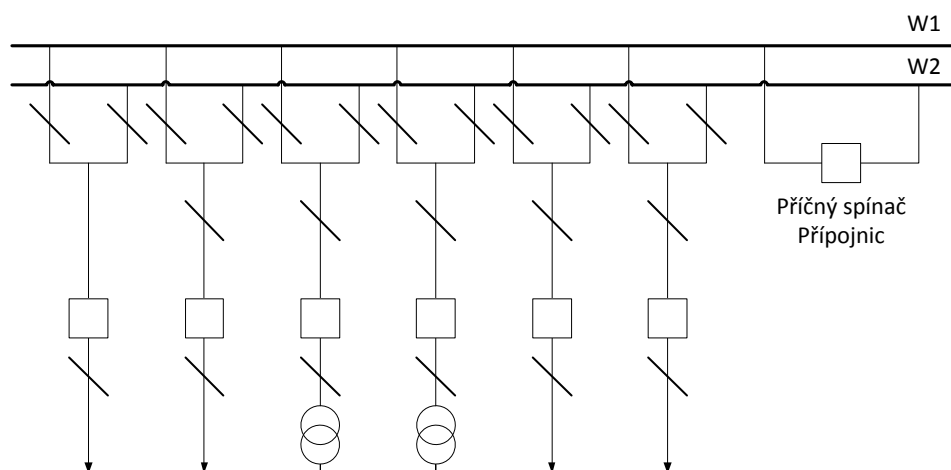
b) Jednoduchý systém s pomocnou přípojní



Obrázek 2.2 Jednoduchý systém přípojníc s pomocnou přípojní.

Díky pomocné přípojnici můžeme zajistit při opravách a revizích nepřerušenu dodávku elektrické energie. Na obrázku 2.2 je naznačen **náhradní provoz odbočky** při vypnutí vypínači V_h přes spínač pomocné přípojnice V_p . Na pomocnou přípojnici je dovoleno připojit pouze jednu odbočku. Pomocná přípojnice a odbočka spínače pomocné přípojnice se dimenzují podle nejvíce zatížené odbočky. Odpojovače jsou na obrázku 2.2 označeny 01 a 02. [1]

c) Dvojitý systém přípojníc



Obrázek 2.3 Dvojitý systém přípojníc

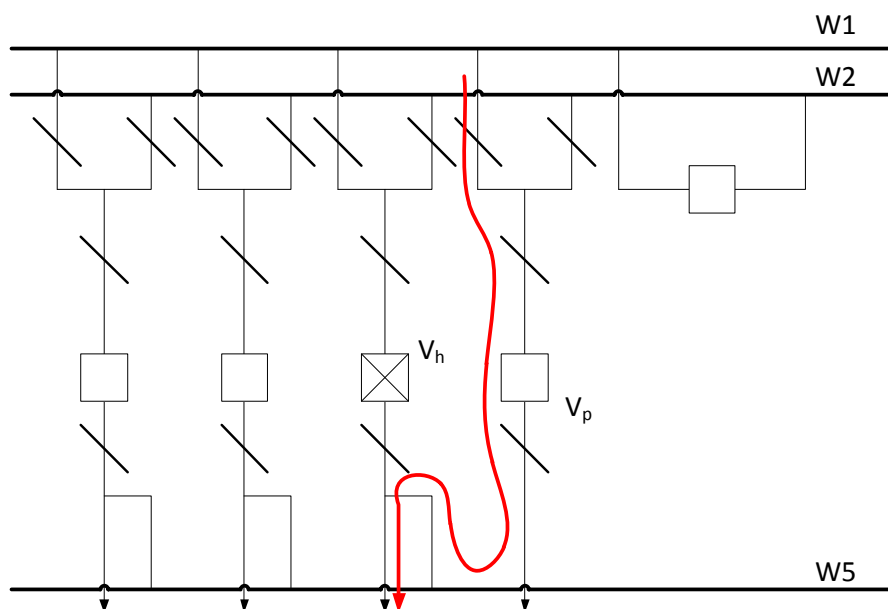
Vzhledem ke své konstrukci se dvojitý systém přípojníc používá tam, kde se vyžaduje spolehlivost dodávky elektrické energie, kde není přípustné ani krátkodobé přerušení dodávky elektrické energie.

Pak je ještě možnost uplatnit tento systém přípojníc tam, kde je nutno dělit provoz odboček do dvou skupin, a to z těchto důvodů: [1]

- omezení zkratových proudů
- současné napájení ze dvou nespolupracujících zdrojů
- zajištění důležitých odběrů
- oddělení spotřebičů kolísavého příkonu od spotřebičů citlivých na kolísání napětí.

d) Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnící

Investičně poněkud náročnější provedení, ale dále bez omezení. Dimenzování a způsob použití se neliší od jednoduchého systému. [1]



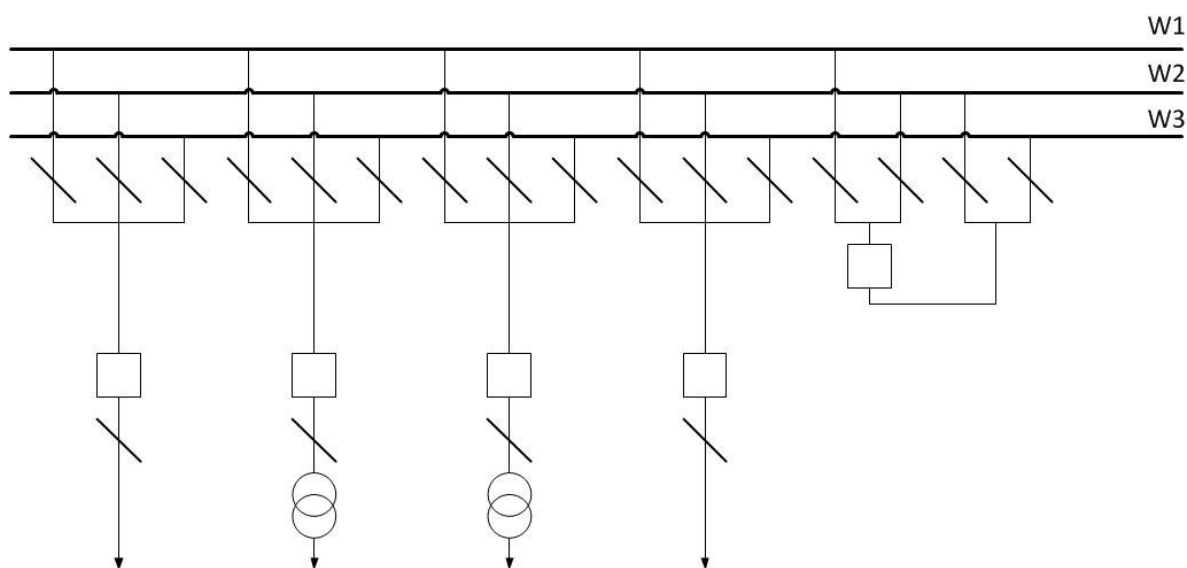
Obrázek 2.4 Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnící

e) Trojitý systém přípojníc

Používá se: [1]

- tam, kde dvojité přípojnice musí být trvale v odděleném provozu a při revizi není žádoucí ani krátkodobé přerušení dodávky elektrické energie
- tam, kde provoz musí být dělen do tří skupin

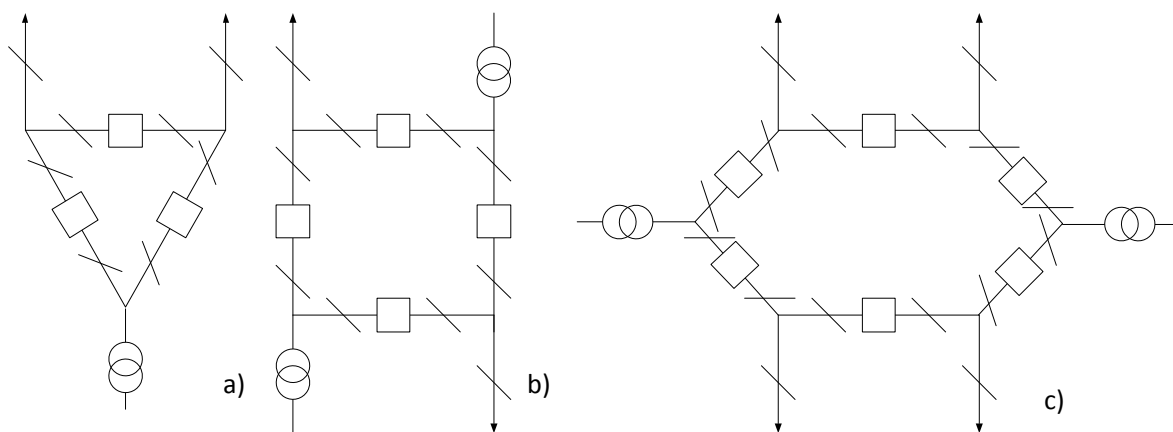
Výjimečně lze u tohoto systému dělit přípojnice i podélně.



Obrázek 2.5 Trojitý systém přípojníc

f) Okružní přípojnice

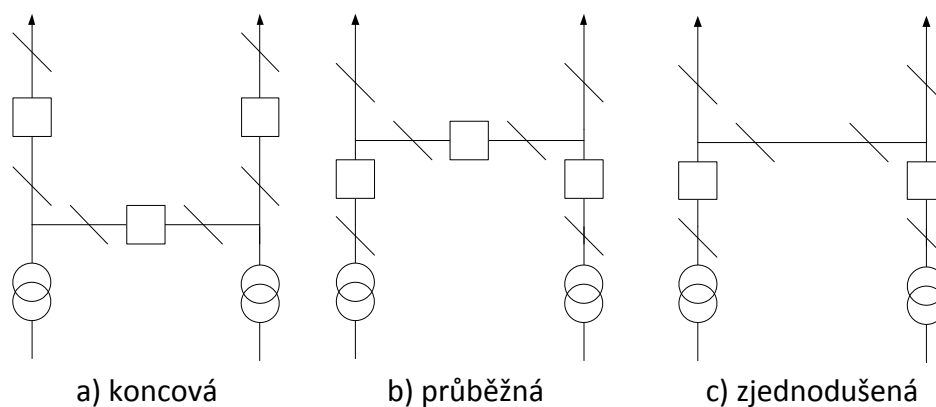
Okružní přípojnice tvoří uzavřenou soustavu přípojníc. Odbočky jsou připojené každá mezi dva vypínače. Zapojení bývá v polygonu n -úhelníků. [1]



Obrázek 2.6 Okružní přípojnice

g) Rozvodná zařízení bez přípojníc („H“ rozvodny)

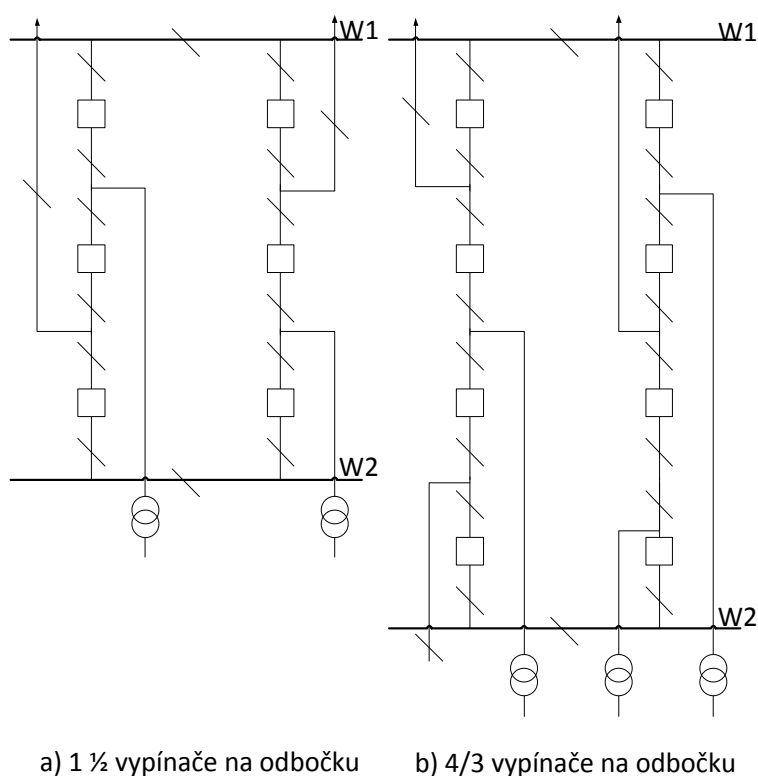
Běžně se tento systém užívá u malých **distribučních stanic** 110 kV. Aplikuje se tehdy, nepředpokládá-li se další rozšíření rozvodny. Užívá se v elektrické stanici se dvěma přívody a dvěma transformátory. Je vhodný pro vedení koncová a průběžná. [1]



Obrázek 2.7 Rozvodná zařízení bez přípojníc

h) Rozvodná zařízení s větším počtem vypínačů na odbočku

Používá se pro velmi důležité rozvodny a pro rozvodny, kde chceme omezit následky zkratů v rozvodně s větším počtem odboček na minimální počet odboček. [1]

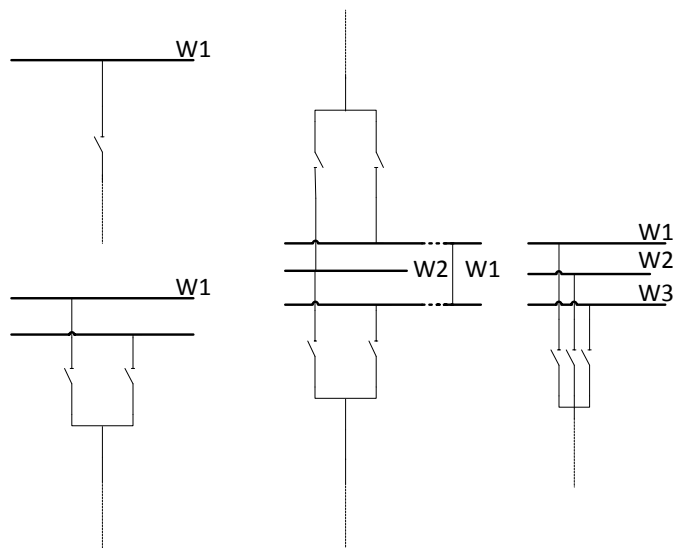


Obrázek 2.8 Rozvodná zařízení s větším počtem vypínačů na odbočku

Rozdělili jsme si způsoby provedení přípojníc, což je nutné k pochopení problematiky, jak jsou elektrické stanice konstruovány. Dále si ještě popíšeme provedení odboček elektrických stanic. [1]

2.3 Schémata odboček (VVN, pro napětí nad 52 kV)

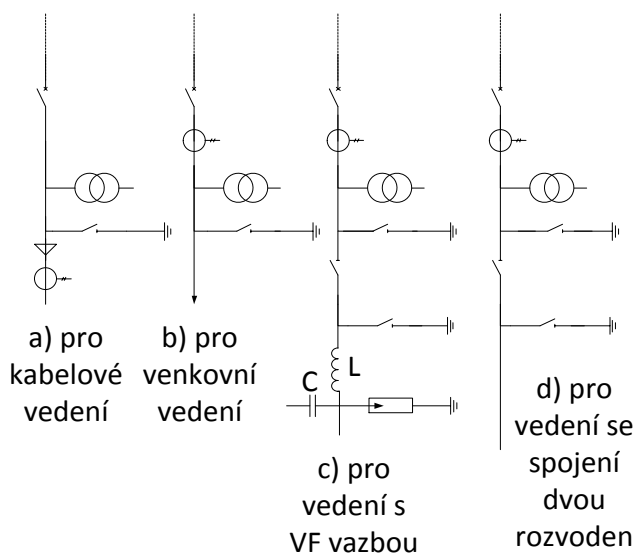
a) Hlavní odbočky



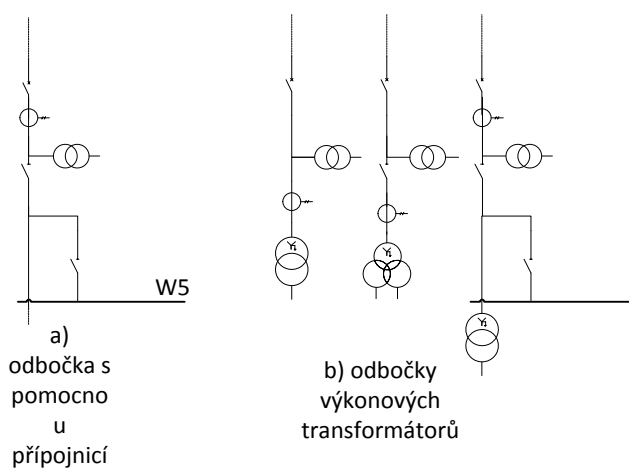
Obrázek 2.9 Hlavní odbočky

Ve stanicích určených VVN jsou schémata odboček vždy v plné výzbroji. Ojediněle se vyskytují verze, kdy může chybět vývodový odpojovač. Odbočky se ve stanicích připojují k přípojnicovým systémům. Odbočky s VF vazbou se dnes neužívají, nahradily je optické kabely. Jaké tedy můžeme volit varianty odboček: [1]

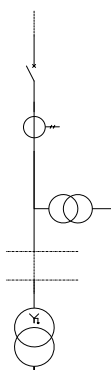
- Vývodové
- Transformátorové
- Vypínač pomocné přípojnice
- Bez pomocné přípojnice
 - odbočky pro kabelové vedení
 - odbočky pro venkovní vedení
 - odbočky pro venkovní vedení s vysokofrekvenční vazbou (dnes nahrazena optickými kabely)
 - odbočky pro vedení, které spojují více než dvě rozvodny
- S pomocnou přípojnici
- Odbočky výkonových transformátorů
 - odbočky transformátorů se dvěma pracovními vinutími
 - odbočky a odpojovač transformátorů se třemi pracovními vinutími
 - s pomocnou přípojnici
- Odbočky pro tzv. vysunutý transformátor
- Odbočka kompenzační tlumivky



Obrázek 2.10 Odbočky pro vedení bez pomocné přípojnice



Obrázek 2.11 Odbočka s pomocnou přípojnící a odbočky výkonových transformátorů



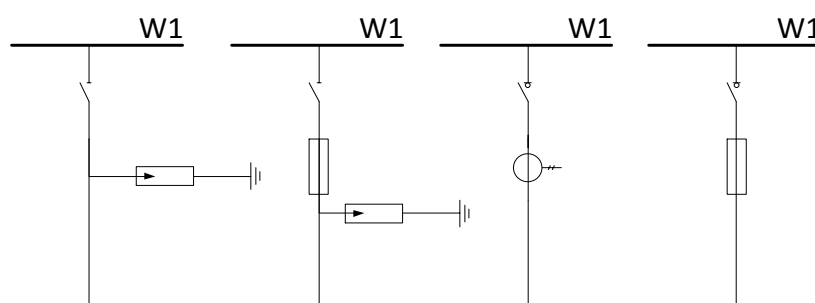
Obrázek 2.12 Odbočka pro tzv. vysunutý transformátor.

b) Pomocné odbočky

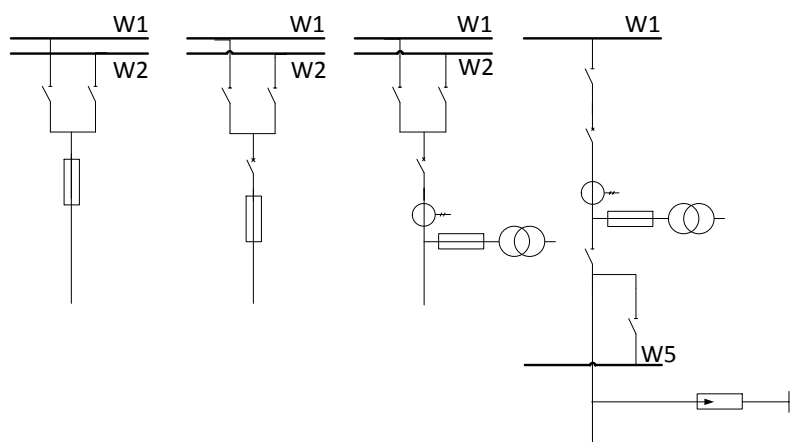
Pomocné odbočky jsou odbočky různých pomocných systémů nebo pomocných přístrojů elektrické stanice. Dnes se v rámci snižování nákladů a z důvodu jiných technických možností tyto odbočky nepoužívají. [1]

2.4 Odbočky VN (pro napětí do 52 kV)

Zmíním se ve zkratce ještě o odbočkách VN. Používají se jeden nebo dva systémy přípojníc, je možno použít i jeden systém hlavní a jeden pomocný pro přípojnice. Dále se moc způsoby nerozšiřují, nebo jen velmi výjimečně, poněvadž k tomu není důvod. [1]



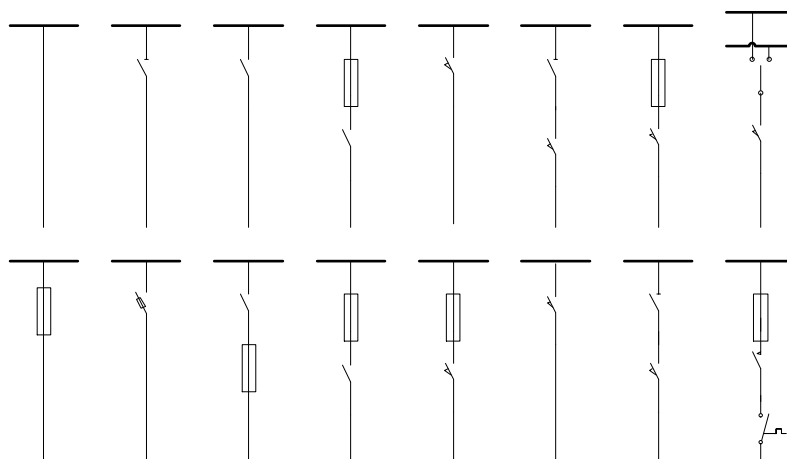
Obrázek 2.13 Doporučená zapojení odboček pro jeden systém přípojníc.



Obrázek 2.14 Doporučená zapojení odboček rozvoden se dvěma systémy přípojníc.

2.5 Odbočky NN

Pro systémy NN je počítáno s realizací obvykle v rozsahu s jedním systémem přípojníc bez podélného dělení nebo s podélným dělením. Velkou výjimkou bývá, když se užije u některých speciálních rozvoden systému pomocné přípojnice. [1]



Obrázek 2.15 Doporučená uspořádání odboček.

Při konstrukci elektrických stanic musíme brát na zřetel několik kritérií, které vycházejí z dispozičního a konstrukčního uspořádání. Když se budeme zabývat dispozičním řešením elektrických stanic, musíme rozhodnout o tom, jaké bude elektrické schéma, kolik bude přípojniových systémů, kolik a jak vybavených budeme navrhovat odboček, transformátorů a dalších přístrojů a strojů. Dále pak nesmíme opomenout dimenzovat elektrickou stanici dle hodnoty napětí, na kterém má elektrická stanice pracovat. Za jakým účelem má elektrická stanice být zkonstruovaná. Zda-li bude přívod kabelový nebo venkovní, jak bude včleněna do energetického systému. Jak bude odolávat zkratovým poměrům a jak velké budou, také v jakém prostředí bude pracovat. Musíme provést technickoekonomické zvážení a provést bezpečnostní průzkum. [1]

2.6 Členění a uspořádání rozvodných zařízení a elektrických stanic

a) Rozvodná zařízení VVN (nad 52 kV)

➤ venkovní



Obrázek 2.16 Příklad venkovního provedení rozvodného zařízení VVN [9]

- jedná se o běžný způsob provedení v oblastech malého znečištění ovzduší

- kryté



Obrázek 2.17 příklad halového provedení rozvodného zařízení VVN [10]

- při velkém znečištění ovzduší

- zapouzdřené



Obrázek 2.18 Příklad zapouzdřeného provedení rozvodného zařízení VVN. [11]

- zejména tam, kde je málo místa, a proto se vodiče zapouzdří do izolačních pouzder, které jsou například ještě napuštěné izolačním plynem.

b) Rozvodná zařízení VN (do 52 kV)

- kobkové (jedno a vícepodlažní)



Obrázek 2.19 Příklad kobkového provedení VVN [12]

- kobkové panelové (z prefabrikovaných dílců)
- skříňové (venkovní i vnitřní)



Obrázek 2.20 Příklad skříňového provedení rozvodného zařízení VVN. [13]

- venkovní
(pro 22 kV a 35 kV)

c) Rozvodná zařízení NN

- kobkové



Obrázek 2.21 Příklad kobkového rozvodného zařízení NN[14]

- rozvaděče (venkovní i vnitřní)



Obrázek 2.22 Příklad rozvaděčového rozvodného zařízení NN [15]

Konstrukce s rozvaděči patří mezi nejběžnější budované rozvodné zařízení, ostatní dva typy jsou konstruovány výjimečně. [1]

d) Stanoviště transformátorů

- Transformátory lze umístit:
 - přímo v rozvodném zařízení
 - v transformátorových komorách
 - na volném stání

Můžeme konstatovat, že rozvodná zařízení lze rozlišovat buďto jako venkovní nebo vnitřní. Vždy se snažíme provedení co nejvíce zjednodušit a dbáme na to, aby řešení bylo ekonomické. Z toho vyplývá, že se snažíme budovat rozvodná zařízení venkovní, tím ušetříme značnou část stavebních nákladů a můžeme se věnovat vlastnímu provedení rozvodného zařízení. Jenomže nejsou vždy a všude ideální podmínky. Jsou lokality, kde by venkovní rozvodné zařízení spíše způsobilo více škody, nežli užitku, tím pádem nám nezbývá nic jiného, než budovat rozvodné zařízení vnitřní. Je to způsobeno nevhodným prostředím a někdy i klimatem, které může působit velmi negativně na sledované parametry rozvodného zařízení a postupem času snižovat i jeho schopnost bezzávadné funkce. Pakliže budeme realizovat rozvodné zařízení v oblasti s vysokým znečištěním, lze zajistit jeho bezporuchový chod zvýšením jeho izolační hladiny, vhodnou volbou izolátorů a preventivní údržbou elektrického zařízení. Mohou pomoci i různé hydrofobní nátěry, které při dostatečně časté obnově zabraňují kritickému snížení izolačního stavu. [1]

Když si představíme rozvodné zařízení venkovní, je patrné, že je náročné na rozlohu zastavění, což může vést taky k vysokým nákladům při odkupu a správě pozemku. Ale i přes to se často volí rozvodná zařízení venkovní a tam, kde je vysoké znečištění, se volí rozvodná zařízení krytá. Ideálním případem by byly zapouzdřené rozvodny, které nejsou náchylné na prostředí a ani na rozlohu zastavění, ale značnou nevýhodou těchto rozvodů je fakt, že jsou celkem sofistikovaně konstruované a tím pádem mnohokrát ekonomicky náročnější nežli předchozí dva typy rozvodu. [1]

2.7 Rozvodná zařízení

2.7.1 Rozvodná zařízení VVN

Rozvodná zařízení VVN se používají jak k energetickým rozvodným účelům, tak pro různé průmyslové využití. Jejich konstrukce je převážně venkovní. Veškeré přístroje a vybavení rozvodu VVN musí odolávat všem extrémním vnějším povětrnostním vlivům. [1]

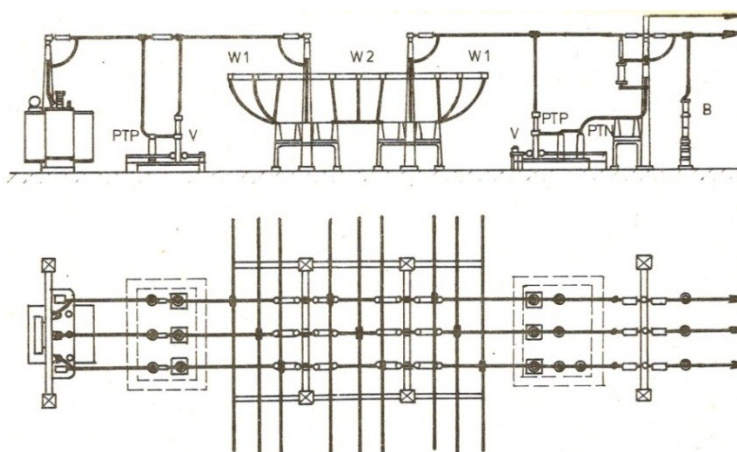
Venkovní provedení na rozdíl od vnitřního má velkou výhodu, pakliže máme dostatečné prostranství pro volné a přehledné rozmístění, snadný přístup a celkem bezproblémové navyšování výkonu. Velkou nevýhodou je pro venkovní provedení potřeba vyšší údržby pro dodržení provozní spolehlivosti. [1]

Nejčastější provedení rozvodných zařízení VVN dle systému přípojníc: [1]

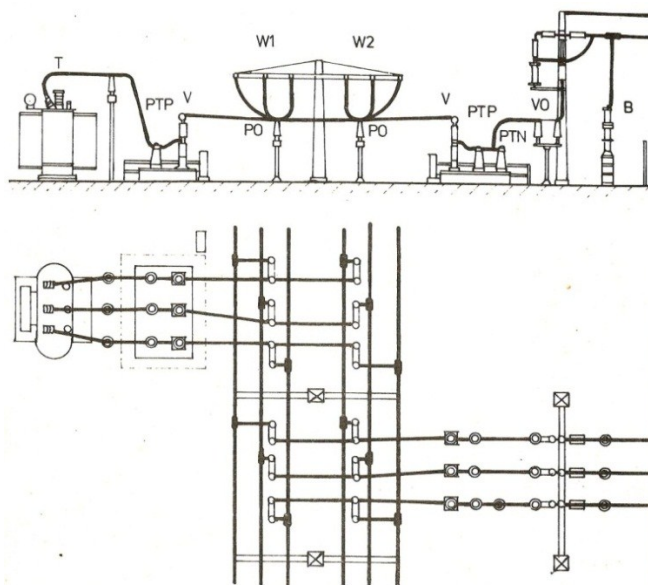
- S přímými přípojnícemi
- S okružními přípojnícemi
- Bez přípojníc

Konstrukce odboček se u rozvodných zařízení nejčastěji umísťují do jednotlivých polí. Jednotlivé propojení přístrojů a částí VVN rozvodných zařízení bývá provedeno AIfE lany nebo trubkami. Rozvodná zařízení VVN je možno dělit i dle nosné konstrukce a dispozičního uspořádání, kterou jsou specifické: [1]

- **Klasická**
- **Kýlová**
- **Tandemová**, jako nosná konstrukce jsou využité nosné izolátory odpojovačů



Obrázek 2.23 Příklad klasické nosné konstrukce VVN [1]



Obrázek 2.24 Příklad kýlové nosné konstrukce VVN [1]

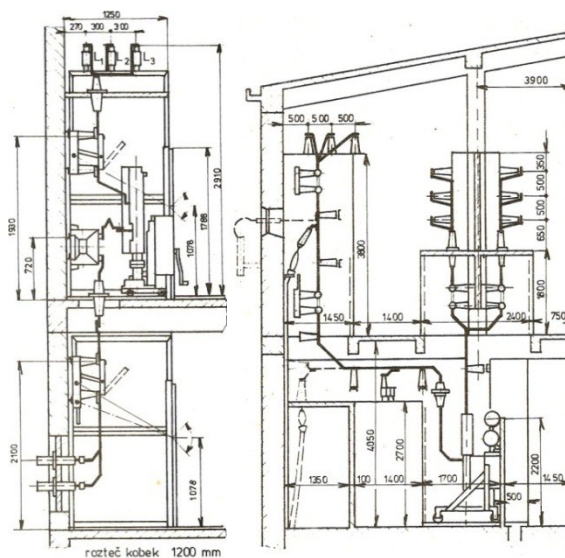
V podmínkách ČR se nejčastěji užívají kýlové konstrukce. Rozvodná zařízení 400 kV bývají řešeny individuálně dle dispozic a požadavku na zapojení do elektrizační soustavy. [1]

2.7.2 Rozvodná zařízení VN

Tyto rozvodná zařízení jsou realizována jako kobková a skříňová někdy také jako rozvaděče. [1]

a) Kobkové rozvodny NN

- **Jednopodlažní**, nástěnné, většinou jeden systém přípojníc
- **Dvoupodlažní**, volně stojící kobky, přípojnice jsou vedeny nad nimi
- **Vícepodlažní**, velmi důležité uzly sítě, velké zkratové proudy



Obrázek 2.25 Příklad vícepatrových kobkových rozveden. [1]

2.7.3 Rozvodná zařízení NN

Rozvodná zařízení NN se konstruuji obvykle ve formě rozvaděčů. **Rozvaděč** tvoří samostatná konstrukce elektrického zařízení, jež obsahuje silové ochrany, silové přístroje, měřicí přístroje, diagnostické přístroje a pomocná zařízení. Rozvaděče se používají jako zařízení **distribuční**. Rozdělení rozvaděčů je následující: [1]

- Nekryté
- Panelové
- Skříňové
- Výsuvné
- Přípojnicový rozvod nn
- Rozvodnice
- Zapouzdřené

2.8 Střídavé elektrické rozvodné zařízení elektrické stanice

Velmi důležitým úkolem střídavého rozvodného zařízení je rozvádění elektrické energie za zachování stejné napětové hladiny. Musí obsahovat všechny přístroje, které jsou nutné k realizaci rozvádění elektrické energie a budou zapojené dle předem daného schématu elektrické stanice. [8]

2.8.1 Základní parametry

- **Největší provozovací napětí** příslušné ke jmenovité hodnotě napětí
- Dle jmenovité hodnoty napětí je určena bezpečná vzdálenost jak mezi živými částmi, tak mezi živou částí a zemí.
- **Jmenovitý proud**

Řada jmenovitých zatížení přípojníc a odboček střídavých rozvodných zařízení: **100, 200, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500, 16000, 20000** [A]. [8]

Pro ilustraci níže tabulka 1 pro jmenovité zkratové odolnosti rozvodných zařízení a tabulka 2 nejmenší vzdušné vzdálenosti živých částí [8]

Jmenovitý vypínací proud I_{vyp} [kA]	6,3	8	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Jmenovitý krátkodobý proud I_k [kA]	6,3	8	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Jmenovitý dynamický proud I_{dyn} [kA]	16	20	31,5	40	50	63	80	100	125	160

Tabulka 1 Jmenovité hodnoty zkratových odolností rozvodných zařízení ČSN 38 1738. [8]

Nejvyšší napětí [kV]	Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulsu [kV]		Vzdálenost mezi fázemi a k zemi [mm]				Vzdálenost mezi systémy přípojníc [mm]			
			vnitřní prostředí		venkovní prostředí		vnitřní prostředí		venkovní prostředí	
	mezi fázemi a k zemi	mezi systémy	v klidu	po zkratu	v klidu	max. vítr nebo zkrat	v klidu	při zkratu	v klidu	max. vítr nebo zkrat
1	2 ¹⁾	3	4 ¹⁾	5	6 ²⁾	7	8	9	10	11
3,6	20 40	60	40 60	30	- 130	90	100	40	170	100
7,2	40 60	75	60 100	40	- 170	100	130	50	200	120
12	60 75	95	110 130	70	- 210	140	160	80	240	160
17,5	75 95	125	130 160	90	- 240	160	210	110	290	190
25	95 125	150	190 210	130	- 290	200	270	150	350	230
38,5	155 180	210	270 320	200	- 400	270	400	250	480	330

¹⁾ Nižší hodnoty lze použít jen pro sítě bez atmosférického přepětí („neexponované“)

Tabulka 2 Nejmenší vzdušné vzdálenosti živých částí [8]

2.8.2 Transformátory elektrických stanic

Transformátor je nejpoužívanější elektrický netočivý stroj v elektrických stanicích určených pro změnu napětí elektrické energie při zachování stejného kmitočtu. Transformátor je nezastupitelný elektrický netočivý stroj pro svou jednoduchost a spolehlivost.

Jeho prostřednictvím se napětí snižuje nebo zvyšuje a někdy se používá jen pro galvanické oddělení elektrického obvodu. Transformátory lze rozdělit dle:

- **Převodu:** zvyšovací, snižovací, oddělovací
- **Soustavy:** jedno až vícefázové
- **Účelu:** blokové, spojovací, vlastní spotřeby, izolační a trakční
- **Chlazení:** olejové, vzduchové

Transformátor patří mezi silové elektrické prvky elektrických stanic. Propojuje jak různé hladiny přenosové a distribuční soustavy tak propojuje přenosovou soustavu s distribuční soustavou. [8]

V elektrických stanicích se užívají takzvané systémové transformátory. Primární vinutí a sekundární vinutí zde tvoří autotransformátor, z toho vyplývá, že primární vinutí a sekundární vinutí nejsou galvanicky od sebe odděleny. Systémový transformátor má povětšinou ještě takzvané terciární vinutí, který slouží k zapojení dalších silových regulačních prvků jako je třeba kompenzační tlumivka nebo k zapojení transformátoru vlastní spotřeby. [4]

Systémový transformátor je většinou složen ze čtyř jednofázových jednotek, z nichž tři jsou zapojeny v běžném provozu a jedna slouží jako záložní. [4]

Transformátory se dále dělí na: [4]

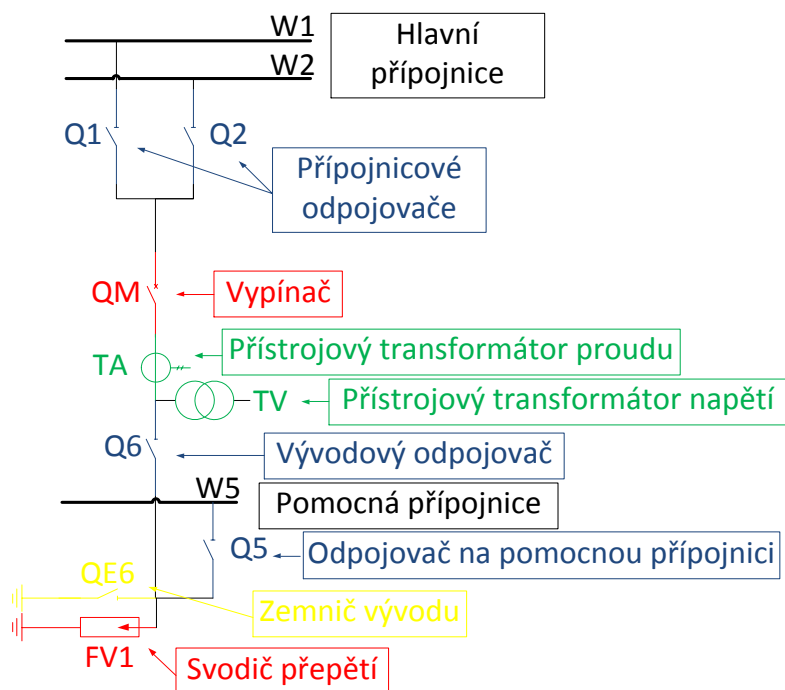
- Podélné
- Příčné
- PST

Podélné transformátory jsou hojně užívány v České Republice. Dochází u nich pouze k transformaci napětí a nikoliv ke změně fázového posuvu napětí sekundárního vinutí vůči primárnímu vinutí. [4]

Příčné transformátory změnou odboček a tím napětí na sekundárním vinutí nemění pouze výstupní napětí, ale zároveň i velikost úhlu mezi napětím vstupním na primárním vinutí a výstupním na sekundárním vinutí. [4]

PST (Phase Shift Transformers) byly vyvinuty pouze za účelem regulace činného výkonu. Tyto transformátory mají větší rozsah regulace úhlu než transformátory příčné. V České Republice dle Honiše [4] se uvažuje o umístění PST transformátorů v rozvodnách v Hradci Králové a Kadani na mezistátních vedeních.

2.9 Prvky užívané v elektrických stanicích



Obrázek 2.26 Vyobrazení obecného zapojení silových prvků v elektrické stanici [4]

2.9.1 Přípojnice a odbočky

K propojení celé rozvodny napříč slouží přípojnicové vedení, které je buďto ve variantě lanové nebo trubkové. Na nových rozvodnách nebo při rozšiřování přípojníc se upřednostňuje užit trubkové přípojnice. [4]

Elektrické požadavky na přípojnice jsou:

Elektrické požadavky na přípojnice	Rozvodny (kV)	
	400	220
Krátkodobý zkratový proud po dobu 1s I_K'' (kA)	50	31,5
Dynamický zkratový proud I_{km} (A)	125	80
Jmenovitý proud přípojníc (A)	4000	1400
Nejvyšší provozní napětí (kV)	420	245

Tabulka 3 Elektrické požadavky na přípojnice [4]

Lanové přípojnice jsou provedeny z dvojsvazku lan AlFe. Pro rozvodny 400 kV je použito většinou vodičů 2 x 750 AlFe nebo 2 x 670 AlFe a v rozvodnách 220 kV 2 x 670 AlFe nebo 2 x 350 AlFe. [4]



Obrázek 2.27 Lanové přípojnice [16]



Obrázek 2.28 Trubkové přípojnice [17]

2.9.2 Vypínače

Vypínač se řadí mezi elektrické přístroje pro zapínání a vypínání obvodů s prvky (tlumivky, transformátory atd.), které jsou pod výkonem. Vypínač musí být schopen bezpečně přerušit obvod za všech okolností, to znamená jak v bezporuchovém stavu, tak i při poruše. [4]

Ve vypínačích se dnes užívá ke zhašení elektrického oblouku fluorid sírový (SF_6) a k pohybu mechanických kontaktů se využívá elektromotorického přestavníku se střadačovou pružinou. Starší vypínače ke zhašení elektrického oblouku užívaly stlačený vzduch, který se v tomto případě používal i jako pohon mechanických částí také ve spojení se střadačovou pružinou. [4]

Vypínače mají dvě zhášecí komory, k přerušení obvodu tedy dochází na dvou místech. Z důvodu snadnějšího zhášení oblouku se připojují ke zhášecím komorám kondenzátory. Dále jsou vypínače vybaveny synchronizačním zařízením pro režim kruhování. Synchronizační zařízení může být buď v podobě speciálního hardwaru, nebo je součástí řídicího systému. [4]



Obrázek 2.29 Vypínače SF6 [18]

2.9.3 Odpojovače a zemniče

Odpojovač je elektrický přístroj, který slouží k bezvýkonovému a viditelnému rozpojení obvodu. V rozvodnách může mít funkci přepojení proudové cesty. Připojí nebo odpojí odbočku k požadované přípojnici. [4]

Zemniče slouží k propojení požadované části obvodu s potenciálem země. Často jimi bývají vybaveny odpojovače. Pakliže zařízení, na kterém se má pracovat, nedisponuje zemniči, musí se uzemnit pomocí zkratovací soupravy. [4]

Odpojovače rozdělujeme na [4]:

- Přípojnicové
- Vývodové
- K pomocné přípojnici
- Propojovací

Dle druhu provedení [4]:

- Se dvěma otočnými kontakty
- S jedním otočným kontaktem
- Pantografové

Požadavky na odpojovače	
Krátkodobý zkratový proud (kA)	40, 50, 63
Dynamický zkratový proud (kA)	100, 125, 157
Jmenovitý proud (A)	3150
Nejvyšší napětí (kV)	420 nebo 245

Tabulka 4 Požadavky na odpojovače [4]



Obrázek 2.30 Odpojovače s dvěma otočnými kontakty [19]

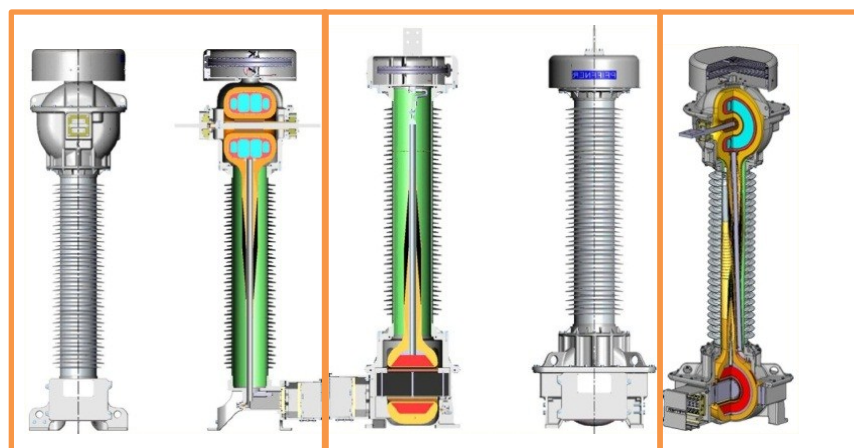


Obrázek 2.31 Odpojovače pantografové [20]

2.9.4 Přístrojové transformátory

Přístrojové transformátory slouží ke snížení napětí a proudu pro potřeby měřících přístrojů. Přístrojové transformátory mohou být [4]:

- **PTP** (proudu), sekundární svorky musí být stále zatížené nebo nakrátko.
- **PTN** (napětí), nesmí se v provozu zkratovat sekundární svorky, mohou zůstat na prázdko.
- **PTK** (kombinované)



a) PTP

b) PTN

c) PTK

Obrázek 2.32 Přístrojové transformátory [21]

2.9.5 Svodiče přepětí

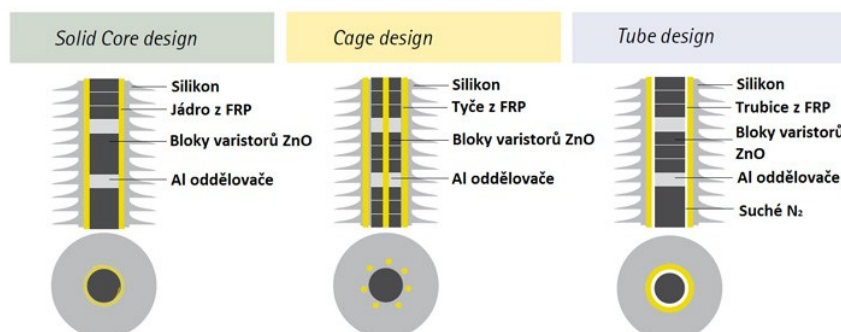
Svodiče přepětí slouží k omezení vzniklého nebezpečného přepětí (obzvláště atmosférického) na hodnoty, které jsou bezpečné pro chráněné zařízení. V minulosti se užívaly různé druhy bleskojistek, dnes se užívají mnohem citlivější druhy svodičů přepětí, které dokážou zachytit a eliminovat mnohem citlivěji vzniklé přepětí. [4] [5]



a) Stejnoseměrný svodič přepětí



b) Porcelánový svodič přepětí



c) Silikonové svodiče přepětí

Obrázek 2.33 Svodiče přepětí [22]

2.9.6 Kompenzační tlumivky

Dle Krychtálka a Pauzy [5] se řadí kompenzační tlumivky z důvodu kompenzace generování jalové složky napětí ve vedení, které přenáší menší než přirozený výkon. Kompenzační tlumivky se nejčastěji umísťují do kompenzátoroven, ale také do transformoven a spínacích stanic. Připojují se k síti v době, kdy je vedení odlehčeno a protéká jím menší než přirozený výkon. Tehdy se na vedení generuje jalový výkon, který se pro udržení napětí na vedení, které tímto roste, spotřebuje připojením kompenzačních tlumivek.

Tlumivky existují olejové nebo vzduchové. U olejových tlumivek platí zásady obdobné jako u transformátoru a také se instalují ve venkovních stanovištích [5].

Kompenzační tlumivky se zapojují buď přímo do hladiny 400 kV nebo do terciárního vývodu transformátoru. V soustavě se vyskytují tlumivky o výkonu 45 až 165 Mvar. [4]



Obrázek 2.34 Kompenzační tlumivky [23]

2.9.7 Synchronní kompenzátory

Ve skutečnosti se jedná o elektrický točivý stroj. Jedná se o nezatížený synchronní motor, který dle podbuzení (indukční spotřebič) nebo přebuzení (kapacitní spotřebič) odebírá ze sítě požadovanou složku proudu. [5]

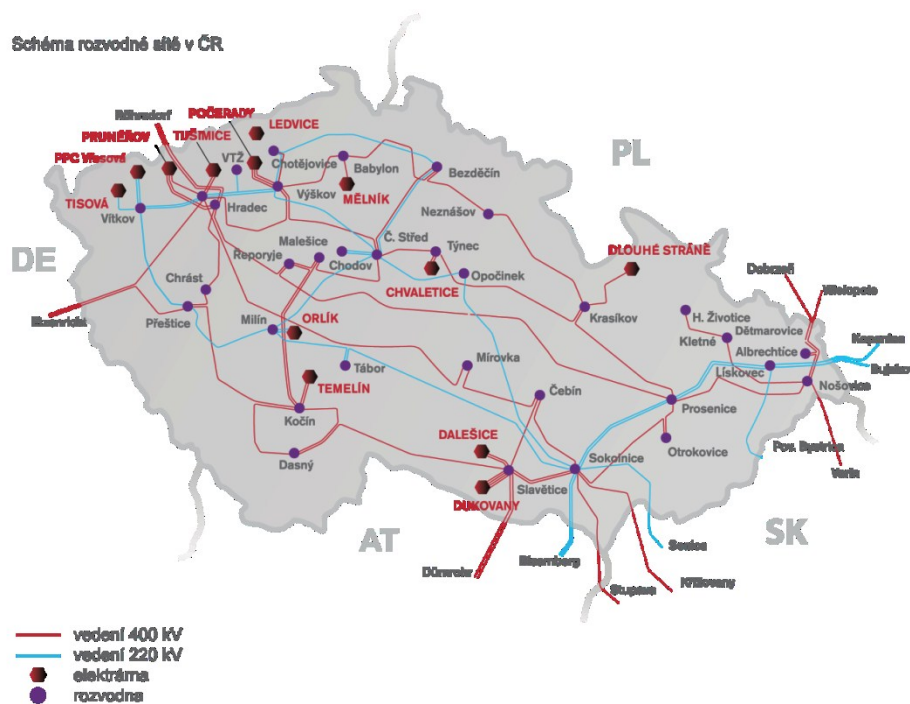
Dle Honiše [4] jsou v přenosové soustavě České Republiky instalovány pouze dva synchronní kompenzátory, a to ve stanici Krasíkov.

3. Elektrické stanice přenosové soustavy

Elektrické stanice v přenosové soustavě jsou připojeny na napěťové hladiny 400 kV a 220 kV. Slouží přenosové soustavě k přenosu velkého výkonu na velké vzdálenosti a k propojení s elektrizačními sítěmi v zahraničí. Také jsou pomocí elektrických stanic k přenosové soustavě připojeny i systémové elektrárny [4].

Výhradním provozovatelem přenosové soustavy České Republiky je na základě licence udělené Energetickým regulačním úřadem společnost ČEPS, a.s. [6]

Elektrické stanice přenosové soustavy jsou zpravidla venkovního provedení, velmi výjimečně se setkáme s provedením vnitřním. Pokud se zřizuje vnitřní provedení, jedná se u těchto stanic o zapouzdřené rozvody. Tyto zapouzdřené stanice mají vysokou pořizovací cenu, ale pro jejich výstavbu stále častěji převládají klady z hlediska bezpečnosti a spolehlivosti.



Obrázek 3.1 Schéma přenosové soustavy České republiky [6]

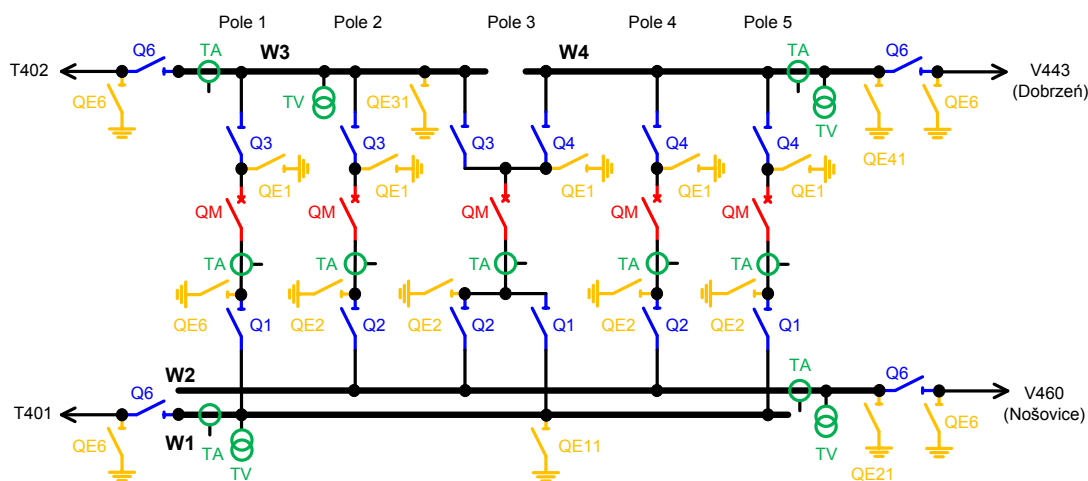
Dle organizace ČEPS [6] si můžeme uvést pár základních faktů o přenosové soustavě České Republiky

- Napěťové úrovně vedení ČEPS a jejich celková délka [6]
 - Vedení 400 kV 3 510 km (z toho dvojitě a vícenásobné vedení 1 146 km)
 - Vedení 220 kV 1 909 km (z toho dvojitě a vícenásobné vedení 1 038 km)
 - Vedení 110 kV 84 km (z toho dvojitě a vícenásobné vedení 78 km)

Zařízení přenosové soustavy České Republiky		
Popis zařízení	Celkem ČR	Jednotky
Rozvodny 420 kV	26	ks
Rozvodny 245 kV	14	ks
Rozvodny 123 kV	1	ks
Transformační výkon	20 380	MVA
Transformátory 400/220 kV	4	ks
Transformátory 400/110 kV	46	ks
Transformátory 220/110 kV	21	ks
Kompenzační výkon 400 kV	660	MVAr
Kompenzační výkon 35 kV	277,6	MVAr
Kompenzační výkon 10 kV	408,6	MVAr
Kompenzační uzly (tlumivky) 400 kV	4	ks
Kompenzační uzly (tlumivky) 35 kV	5	ks
Kompenzační uzly (tlumivky) 10 kV	9	ks

Tabulka 5 Zařízení přenosové soustavy České Republiky [6]

Pro příklad si můžeme vyobrazit schéma elektrické stanice přenosové soustavy Albrechtice. Jedná se o rozvodnu zapojenou na napětovou hladinu 400 kV s okružním systémem přípojníc. Tato rozvodna je vývodem V443 propojena s Polskem.

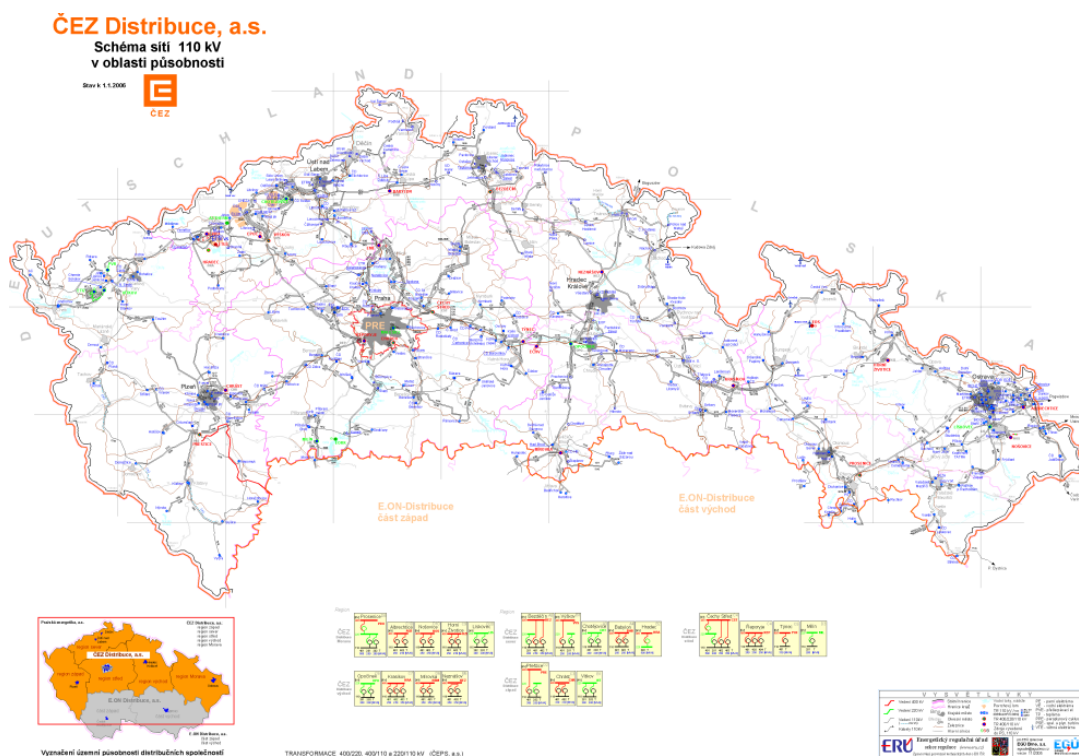


Obrázek 3.2 Schéma rozvodny Albrechtice 400 kV [4]

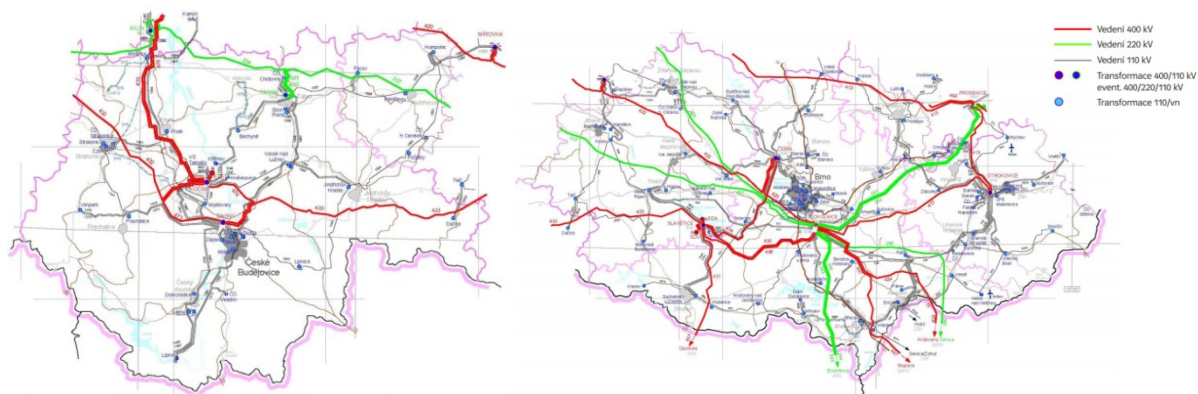
Nejnovějším trendem instalace elektrických stanic je užití „GIS“ rozveden. Jedná se o plynem izolované rozvodny. Mezi hlavní charakteristické rysy spínacích přístrojů GIS patří malé nároky na prostor a vysoká spolehlivost. Tyto rozvodny nabízí elegantní a hospodárné řešení složitých spínacích aplikací, např. v hustě osídlených oblastech ve městech, kde je kladen důraz na estetické provedení, případně v prostředích s náročnými podmínkami [7].

4. Elektrické stanice distribuční soustavy

Elektrické stanice v distribuční soustavě jsou připojeny na mnohem nižší napětíové hladiny než v přenosové soustavě. Nevyšší napětí v distribučních soustavách je 110 kV a dál už jen nižší. V distribučních soustavách se přenáší mnohem nižší výkony na mnohem menší vzdálenosti. Místa bývají připojeny menší elektrárny rovnou do distribuční soustavy. Distribuční soustava však v prvé řadě slouží k rozvodu energie přímo k odběratelům. Jen v mimořádných případech vede přes hranice státu, avšak jen do oddělených oblastí.



Obrázek 4.1 Schéma sítě ČEZ Distribuce v ČR [24]



Obrázek 4.2 E.ON Distribuce Západ [26] a E.ON Distribuce Východ [25]

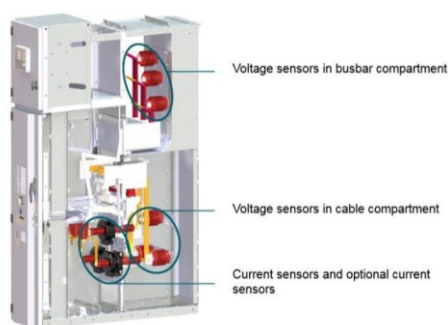
Elektrické stanice distribuční soustavy mohou být různých provedení. Mohou existovat venkovně provedené rozlehlé stanice distribuční soustavy, avšak většinou se jedná o vnitřní provedení nižších napěťových hladin. S elektrickou stanicí distribuční soustavy se můžeme setkat i ve venkovním provedení, kdy je stanice umístěna na stožáru vedení distribuční soustavy.



Obrázek 4.3 Elektrická distribuční trafostanice (DTS), stanice distribuční soustavy [27]

Mezi rozšířený typ stanic distribuční soustavy také patří rozvaděčové provedení, kdy v jednom dodaném rozvaděči je už celý funkční celek i s řídicím systémem a komunikačním rozhraním, které umožňuje dálkové i automatické řízení, diagnostiku, hlášení provozních stavů a poruch.

Mezi takové elektrické stanice patří například rozvaděč firmy ABB a řady UniGear který je izolovaný vzduchem. Tyto revoluční rozvaděče oceněné cenou „Zlatý Ampér“ v roce 2014 jsou modifikovatelné a snadno rozšiřitelné. Je kladen důraz na jednoduchost konstrukce, méně izolačních částí a částí, které jsou pod napětím. Je založený na komunikačním protokolu IEC 61850, který umožňuje dálkovou kontrolu, diagnostiku a bezpečné ovládání celého rozvaděče [7].



Obrázek 4.4 Rozvaděč UniGear MCC Digital firmy ABB [7]

Další druhy takovýchto elektrických stanic mohou být:

- Izolované vzduchem
- Izolované plynem SF₆ („GIS“, Gas Insulated Systems)

5. Nové prvky užívané v průmyslových a rozvodných sítích

5.1 Požadavky na VN rozvodny

Zvýšená provozní spolehlivost a prodloužení doby bezúdržbového chodu umožňuje zaručit delší nepřerušovanou práci celé rozvodny. Tito kvalitativní ukazatelé však s sebou nesou nemalé zvýšení finančních prostředků na realizaci, kdy se nejlépe jeví konstruovat rozvodnu zapouzdřenou. Dalším kladem zapouzdřené rozvodny je i to, že když dojde na rekonstrukci stávající rozvodny na vyšší napěťovou hladinu, je možné ji provést bez změny zastavěného prostoru a využít tak stávajících prostor [3].

5.2 Nové směry v konstrukci rozvodných zařízení

Jedná se o celkové zjednodušování celé koncepce rozvodu [3]:

- Omezení výstavby kobkových rozvodů (rozměrné)
- Zjednodušení v podobě užití venkovního provedení
- Instalace přístrojů pracujících na nových principech zhášení (SF_6 , Vakuum)
- Specializace a diferenciaci dle druhu užití celé rozvodny
- Uplatnění zásady konstrukční podřízenosti, kdy výsledným produktem není jednotlivý elektrický přístroj ale celý rozvaděč.

5.3 Rozvaděče NN a jejich ukazatele pro hodnocení modernosti

Druhy vyráběných rozvaděčů [3]:

- Zapouzdřené
- Oceloplechové
- Skříňové
- Panelové

Ukazatelem modernosti je dnes miniaturizace rozvaděčů při zachování nebo zvýšení funkční jistoty. Světovým trendem je snaha o převedení rozvaděčů do monobloků, které se poté pevně nebo výsuvně uchycují na přípojnice [3].

5.4 Zapouzdřené rozvodny

Vlivem potřeby zvýšené jakosti a spolehlivosti dodávky elektrické energie k různým spotřebitelům, která je ohrožena především zkratovými proudy, je možnost předejít těmto nechtěným poruchám užitím tzv. „zapouzdřené rozvodny“. Celý rozvod i jednotlivé přístroje jsou umístěny v izolačním plášti, který je naplněn plynem SF_6 a umožňuje tak konstrukci přístrojů pro celý rozsah funkcí (spínače, vypínače na různé napěťové hladiny) [3].

Plyn SF₆ se užívá především proto, že je inertním plynem. Lze k němu přiřadit tyto vlastnosti [3]:

- Výborné zhášecí vlastnosti s krátkou časovou konstantou hoření oblouku.
- Vysoká elektrická pevnost.
- Výborné chladicí vlastnosti.

Vzhledem ke konstrukci zapouzdřené rozvodny není problém ji jakkoli za provozu rozšířit. Každá část zapouzdřené rozvodny má svůj plnicí otvor a zařízení na hlídání tlaku inertního plynu. Jednotlivé přístroje se konstruují jako jednofázové samostatné bloky, u nichž se vnitřní porucha nepředpokládá, avšak z důvodu bezpečnosti je rozvod vybaven i ochranou proti vnitřnímu přetlaku a obloukovému zkratu [3].

Kromě zlepšení spolehlivosti a bezpečnosti celého rozvodu je podstatným kladem i úspora zastavěné plochy [3].

5.5 Gas Insulated Systems (GIS)

GIS technologie je moderním směrem v konstrukci elektrických stanic, která nabízí širokou škálu aplikací a jednoduché řešení složitých spínacích úloh.

Jedná se o zapouzdřené rozvodny izolované plynem SF₆, které se instalují tam, kde není volný prostor, a tam, kde je nevhodné prostředí. Přesto se můžeme setkat i s instalací zapouzdřené rozvodny z důvodu vysoké spolehlivosti, jednoduché opravitelnosti a výměny jednotlivých bloků rozvodny.

Systém zapouzdřených rozvodů nám umožňuje v malém prostoru zapojit velké množství zapouzdřených přístrojů, které mohou spínat napětí až okolo 1200 kV, což je dostatečné pro potřeby jak dneška, tak i do budoucna [7].



Obrázek 5.1 Gas Insulated Systems rozvodna [28]

5.6 Nové směry v konstrukci elektrických stanic v praxi

Trendem dnešní doby je stavět elektrické stanice se snahou o co nejjednodušší systémy. Jednoduchost celé elektrické stanice ovlivní významně i její spolehlivost, údržbu a především pořizovací i provozní cenu, což je dnes významně sledovaný faktor.

Systémy různých pomocných odboček nebo různých záložních přípojníc se nezřizují. Také se nezřizují složité překlenutí napájení různých přípojníc při vyřazení části elektrické stanice. Elektrické stanice se konstruuji tak, aby tohoto často velmi poruchového systému nebylo potřeba.

Dále každý návrh elektrické stanice od projektanta, který ho provede dle zadání, se podrobuje následně technicko ekonomickému zvážení, kdy se původní verze zjednoduší a z ekonomického hlediska pokud je to možné zlevní.

6. Metodická aplikace návrhu.

Jako metodická aplikace návrhu je sestavená prezentace, která je určena jako podklad k seznamování a vzdělávání studentů s touto problematikou a je nedílnou přílohou této práce, jako Příloha 1.

Nejedná se o doslovný přepis, spíše byl kladen důraz na vytažení důležitých částí práce, které bude nutno při výuce okomentovat odborným výkladem. Díky stručnému textovému podání bylo možné zprostředkovat lepší vyobrazení některých obrázků a schémat což povede k lepšímu a rychlejšímu pochopení dané problematiky.

Příloha 1 dodržuje stejný sled popisované problematiky jako tato práce. Začíná tedy rovněž základy okolo elektrických stanic a postupuje přes vysvětlení a vyobrazení různých okruhů, které se šíře dotýkají elektrických stanic, po nové trendy, kterým byla věnovaná závěrečná část této práce.

7. Závěr

V mé bakalářské práci jsem se věnoval zpracování dostupných materiálů z různých odvětví, které se týkají elektrických stanic, jejich vybavení a konstrukcí. Účelem této práce je ucelení těchto informací v jednom materiálu, který je použit pro vytvoření učební prezentace, jež je přílohou této bakalářské práce.

Postupně byly pojmenovány a rozděleny různé typy zapojení a schémat elektrických stanic, také jejich odboček, rozvodných zařízení, střídavých rozvodných zařízení a v neposlední řadě elektrických prvků v nich užitých. Jelikož se z velké většiny jednalo o velmi staré publikace, bylo nutné ověřit správnost postupů, zapojení a užitého názvosloví, které se dnes v praxi uznává. Zjistil jsem, že oproti použité literatuře se dnes pro svou finanční náročnost velmi málo využívají zemniče polí. Zredukoval se i počet schémat elektrických stanic pro svou zbytečnost nebo nepříliš bezpečnou funkci.

Další pohled věnovaný elektrickým stanicím, které jsou zapojeny do přenosové, nebo do distribuční soustavy, mi pomohl poznat rozdíly mezi tímto typem elektrických stanic, které jsou mnohdy velmi malé až skoro vůbec žádné pokud se jedná o elektrické stanice v hladině 110 kV. Naopak můžeme sledovat velmi propastný rozdíl mezi typem elektrické stanice v hladině 400 kV přenosové soustavy a elektrickou stanicí, která je v distribuční soustavě, ta je velmi malá a je umístěna na sloupu elektrického rozvodu.

Při zhodnocení dnešních moderních konstrukcí a moderních prvků je nutno konstatovat, že se ve velké části jedná pouze o zdokonalení, miniaturizace, způsob řízení či jinou podobnou změnu již dlouho známých způsobů konstrukce elektrických stanic a použitých prvků v nich. Schémata elektrických stanic se užívají přednostně ty nejjednodušší, neprovádějí se zdlouhavé, složité a finančně náročné zálohy. Konstrukteři se spíše kloní k jednoduchým a dostatečně dimenzovaným způsobům konstrukce elektrických stanic, aby bylo možné je navzájem zálohovat v případě potřeby nebo poruchy jedné z nich.

Samostatnou kapitolou by v budoucnu mohla být problematika „GIS“ rozvodů a jejich prvků, které jsou velmi perspektivní náhradou stávajících otevřených elektrických stanic, nebo také automatizovaných rozvaděčů, které je možno dálkově ovládat a sledovat pomocí různých síťových protokolů. Ovšem největší prioritou je dnes finanční stránka věci, a všechny tyto nové technologie jsou finančně mnohem náročnější, než udržování stávajícího otevřeného systému. Je zde určitě prostor k zdokonalování uzavřených systémů elektrických stanic a snižování tak jejich ceny, což napomůže k mnohem masovější instalaci a tím i větší spolehlivosti celého energetického systému.

Téměř v každé kapitole a obzvláště v poslední jsem se věnoval novým směrům a trendům, které se v dnešní době užívají v konstrukci elektrických stanic. Zjistil jsem, že oblast řízení elektrických stanic prošla největší obměnou. Oblast řízení elektrických stanic je velmi rozsáhlá a není součástí této bakalářské práce. Ovšem pokud chceme hovořit o nových trendech a směrech v konstrukci elektrických stanic, je nutné dále důkladně rozebrat a prozkoumat tuto oblast.

8. Literatura

- [1] SANTARIUS, Pavel. *Elektrické stanice a vedení: určeno pro 5. a 6. roč. fak. strojní a elektrotechn.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990, 214 s. ISBN 8070780320.
- [2] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1992, 164 s. ISBN 80-707-8132-7.
- [3] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení.* Ostrava: MONTANEX a. s., 2008. ISBN 987-80-7225-291-6.
- [4] HONIŠ, René. *Přenosová soustava České republiky* [online]. [Ostrava: Moravskoslezský energetický klastr, 2013?] [cit. 2015-03-17]. ISSN 978-80-905392-3-5. Dostupné z: <http://partnerstvi-energetiky.msek.cz/wp-content/uploads/2013/01/01-Prenosova-soustava-Ceske-republiky.pdf>
- [5] KRYCHTÁLEK, Zbyněk a Josef PAUZA. *Elektrické stanice.* Praha: SNTL, 1989.
- [6] ČEPS [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: www.ceps.cz
- [7] ABB [online]. 2015 [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: www.abb.cz
- [8] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Elektrické stanice a vedení.* Brno: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně, 2013.
- [9] *Slovakia.vivo.sk* [online]. 2014 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: http://photo.vivo.sk/jpeg/5646/184351/_n/3458bee/Rozvodna-Varin-02
- [10] *SŽDC* [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/modernizace-drahy/prehled-staveb/op-doprava/pecky/fotogalerie/pred-realizaci/img-6221.jpg>
- [11] *Abs.portal.cz* [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/fotogalerie/tzb/plynem-izolovana-zapouzdena-rozvodna-vchotejovicich-fotoalbum/plynem-izolovana-zapouzdena-rozvodna-vchotejovicich-1>
- [12] *Romed.cz* [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.romed.cz/data/jar/images/refer/energo/kvk1/vn-kobka.jpg>
- [13] *Pro8.cz* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.pro8.cz/produkty/id_203/Rudnik1_VN.jpg
- [14] *Marbeton* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.marbeton.cz/images/kn2545/2.jpg>
- [15] *Inprema* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.inprema.cz/images/bigimg/1294069148rozvadec.jpg>

- [16] *Česká Televize* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://img.ceskatelevize.cz/program/porady/10176269182/foto09/213411000360016_01.jpg
- [17] *Ege.cz* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.ege.cz/storage/1_909_rozvodna7.jpg
- [18] *Spslevice.sk* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: [http://www.spslevice.sk/ucebnice/soc-uceb-siz2007/Elektronicka%20ucebnica%20SIZ/HTML/Pristroje%20VN%20a%20VVN/0089.400kv_vypinace_SF6%20\(512%20x%20384\).jpg](http://www.spslevice.sk/ucebnice/soc-uceb-siz2007/Elektronicka%20ucebnica%20SIZ/HTML/Pristroje%20VN%20a%20VVN/0089.400kv_vypinace_SF6%20(512%20x%20384).jpg)
- [19] *Serw* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.serw.cz/cs/category/11-rekonstrukce-voui-420kv.html>
- [20] *Serw* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.serw.cz/cs/category/4-123-kv-pantografy.html>
- [21] *Elpro - Energo* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.elpro-energo.cz/pristrojove-transformatory/s-izolaci-papir-olej/>
- [22] *Elpro - Energo* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.elpro-energo.cz/omezovace-prepeti/>
- [23] *El-insta* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.el-insta.cz/w/elinsta/cache/sokolnice_3-_30mvar_30kv_img_1901_big_1600x900ms.jpg
- [24] *Chytrý Odběratel* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.chytryodberatel.cz/Files/Obrazky/mapy/elektrina_distribuce_CEZ.png
- [25] *Eon-distribuce* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.eon-distribuce.cz/file/cs/electricity/technical_information/EON-schema_ds-vychod.pdf
- [26] *Eon-distribuce* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.eon-distribuce.cz/file/cs/electricity/technical_information/EON-schema_ds-zapad.pdf
- [27] *Esom* [online]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.esom.cz/obrazky/ref1/obrt1.jpg>
- [28] *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/GIS_420kV.jpg

9. Seznam příloh

Příloha 1 Příloha na CD

CD obsahuje soubor Bakalářská_práce_KOT0076_příloha_1.pptx (prezentace určená pro výuku).